Untersuchungen über die Wirkungen des sichtbaren Lichtes

Dissertation
zur Erlangung der ärztlichen
Doktorwürde

einer hohen medizinischen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von

Ilse Rust

aus Neustettin

1935

Untersuchungen über die Wirkungen des sichtbaren Lichtes

Dissertation
zur Erlangung der ärztlichen
Doktorwürde

einer hohen medizinischen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von

Ilse Rust

aus Neustettin

Referent: Professor Dr. Keeser

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Untersuchungen über die Wirkungen des sichtbaren Lichtes.

Versuche, die Keeser (1.) über die biologische Wirksamkeit der Strahlen des sichtbaren Lichtes vornahm, führten ihn zu der Vorstellung, daß Bestrahlung mit Licht verschiedener Wellenlänge — bei nicht zu langer Dauer der Bestrahlung — die Reaktionslage des vegetativen Nervensystems zu verändern vermag, indem Rotlicht eine Verschiebung des Gleichgewichts im Sinne einer Vagotonie, Blaulicht eine solche im Sinne einer Sympathicotonie bewirkt und Bestrahlung mit grünem Licht sich als biologisch ziemlich indifferent erweist. Daß unter dem Einfluß von Strahlen — des sichtbaren und des ultravioletten Spektrums — Aenderungen in der Reaktionslage des vegetativen Nervensystems auftreten, ist bereits wiederholt beobachtet worden. Die Ergebnisse ihrer Versuche deuteten die einzelnen Autoren — ebenso wie es auch Keeser (l. c) tut — in der Weise, daß sie entweder annahmen, daß unter Bestrahlung im Organismus biologisch wirksame Substanzen in vermehrtem Maße neu entstehen bzw. in Freiheit gesetzt werden, oder glauben, daß die bereits vorhandenen biologisch wirksamen Körper (Hormone, Histaminsubstanzen usw.) durch die Bestrahlung z. T. aktiviert, z. T. inaktiviert werden. (2.) Daß diesem letztgenannten Wirkungsmechanismus eine praktische Bedeutung zukommt, wies Keeser (l. c) experimentell nach; als theoretische Möglichkeit ergab es sich u. a. aus den genannten Befunden anderer Autoren (3.) und besonders aus den Untersuchungen von O. Risse u. F. Poos (4.), aus denen hervorgeht, daß unter Röntgenbestrahlung pharmakologisch hochwirksame Stoffe in die Blutbahn gelangen, die auch an der denervierten und maximal atropinisierten Pupille deutlich Ausschläge im Sinne sowohl einer Mydriasis wie einer Miosis ergeben. Wenn somit die genannten Versuche dafür sprechen, daß i. allg. als Wirkungen des vegetativen Nervensystems aufgefaßte Effekte auf humoralem Wege zustande kommen, so gewinnen sie noch eine besondere Ergänzung und Erweiterung dadurch, daß neuerdings die Anschauung immer mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, daß ganz allgemein die Wirkungen des vegetativen Nervensystems auf humoralem Wege ausgelöst werden. (5.)

Wie Keeser einen verschiedenartigen Einfluß von Licht verschiedener Wellenlänge auf die Wirksamkeit von Adrenalin nachweisen konnte, so beobachteten Terata und Ito (6.), daß die Blutdruckwirkung von Adrenalin nach kleineren Dosen von Röntgenstrahlen zu, — nach größeren abnimmt, und daß sich Pituitrin ebenso verhält, während die Wirksamkeit von Histamin auf den Blutdruck und ebenso diejenige von Pepton durch Röntgenbestrahlung herabgesetzt werden. Dieselben Autoren fanden übrigens auch eine Zunahme der Wirksamkeit von

Adrenalin unter dem Einfluß von Sonnenlicht, das erst bei starker Intensität die Wirksamkeit herabsetzte. — Zu diesen unter dem Einfluß von Strahlen entstehenden unmittelbaren Wirkungen gehören weiter auch die Befunde von Frontali (7.), der Blutserum in Quarzgefäßen mit ultraviolettem Licht bestrahlte und hierbei eine Zunahme des anorganischen Phosphors und des Zuckergehalts fand sowie interessanterweise dieselben Befunde erhielt, wenn er das Blutserum nicht bestrahlte, sondern ihm nur bestrahltes Ergosterin zusetzte. Diese Beobachtungen erscheinen geeignet, die Mitteilungen von Pincussen (8.) über Beziehungen zwischen Vitamin D und dem Zuckerstoffwechsel einer Deutung zuzuführen. — Des weiteren seien hier die Untersuchungen von Lepeschkin (9.) erwähnt, wonach Blut in Quarzgefäßen durch grüne und blaue Strahlen haemolysiert wurde, während rote Strahlen diese Wirkung nicht aufwiesen.

Einen Schritt weiter führen Beobachtungen, nach denen die Wirksamkeit von Arzneimitteln entweder durch direkte Bestrahlung oder durch Bestrahlung des Organismus beeinflußt wird. (10.) Hierher gehören u. a. die Befunde von Monasterio (11.), wonach Bestrahlung mit Ultraviolett bei Hunden die hyperglykaemische Wirksamkeit von Trypaflavin verstärkt, während sie bei Tieren, die im Dunkeln gehalten werden, verzögert eintritt, Eosin die Wirkung des Adrenalins auf den Blutzucker verstärkt und diejenige des Insulins abschwächt, Befunde, die durch die erwähnten Untersuchungen Keesers über den Einfluß von langwelligem Licht auf Adrenalin und Insulin sowie durch die nachstehenden Ausführungen ihre theoretische Deutung erfahren. Ferner gehören hierher die Versuche von Pereira (12.), wonach die Wirksamkeit von Strychnin durch Belichtung bei Gegenwart von Erythrosin stark abgeschwächt wurde, während Pilocarpin, Atropin u. a. nicht beeinflußt wurden, sowie diejenigen von Guerrini (13.), wonach mit Rosanilin, Acridingelb oder Eosin vergiftete Tiere verschieden schnell zugrunde gingen, je nachdem ob sie mit Rot-, Grün- oder Blaulicht bestrahlt wurden, während von den im Dunkeln gehaltenen Tieren keins starb.

Die Grundlage für das Verständnis dieser sowie der nachstehend geschilderten Versuche bildet das, was über die physikalischen und chemischen Wirkungen von Strahlen bereits bekannt ist und auf das hier, soweit es für die nachfolgenden Ueberlegungen erforderlich ist, kurz eingegangen werden soll.

Nach der Quantentheorie können die Elektronen der Atome nur auf ganz bestimmten Bahnen kreisen, und ebenso wird nur Energie bestimmter Wellenlänge aufgenommen bzw. abgegeben. Daher findet man im Emissionsspektrum angeregter Elemente nur ganz bestimmte scharfe Linien bestimmter Wellenlänge. Bei photochemischen Reaktionen erfolgt primär eine Reaktion zwischen Lichtquanten und Molekülen. Eine pharmakologisch besonders interessante Wirkung des Lichtes fand Weigert, wonach gewisse lichtempfindliche Schichten von farbigem bzw. polarisiertem Licht so verändert werden, daß sie die Farbe bzw. Schwingungsrichtung des Lichtes annehmen; vermutlich gehen diese als Photodichroismus bzw. Photoanisotropie bezeichneten Erscheinungen auf eine Deformation der Moleküle durch das einfallende Licht zurück. (14.)

Nach den neueren Anschauungen der Kinetik und den beim Studium der Katalyse gewonnenen Erfahrungen wird angenommen, daß die Moleküle nicht ohne weiteres miteinander in Reaktion treten können, sondern zu diesem Zweck erst durch Stöße, Absorption von Strahlung oder auf beiden Wegen aktiviert werden müssen (15.), und zwar tritt eine Aktivierung nur ein, wenn diejenige Atomgruppe, welche chemisch reagiert, also z. B. der Spaltung unterliegt, eine Ladung aufnimmt oder abgibt. (16.) In ihrem nicht angeregten, „mittleren" Zustand sind die Moleküle nach den Untersuchungen von London und Mitarbeitern von einem Potentialwall umgeben, der zur Reaktion überwunden werden muß und zwar durch Zufuhr von Aktivierungsenergie. Aber auch die notwendige Energiemenge ist allein noch keine hinreichende Bedingung für das Eintreten einer Reaktion, sondern hierfür ist weitere Bedingung, daß eine Gruppe im Molekül besonders reaktionsfähig ist. Was den speziellen Fall der Energiezufuhr durch Strahlung anbetrifft, so sei noch bemerkt, daß Licht von Atomen und Molekülen quantenhaft absorbiert und emittiert wird und daß ein Molekül von irgendeinem seiner Zustände aus nicht unter Strahlung in alle anderen Zustände übergehen kann, sondern nur in gewisse ausgewählte. Des weiteren seien mit Rücksicht auf die vorerwähnten pharmakologischen Wirkungen des Lichts die induzierten Reaktionen erwähnt. Bei derartigen Reaktionen kann z. B. Fe^{II} zunächst oxydiert und hierdurch können weitere Moleküle aktiviert werden, sodaß die Reaktion ohne weitere Beteiligung des Eisens als sog. Kettenreaktion verläuft; oder das Ferroeisen wird hierbei als unbeständige Zwischenverbindung komplex an den Akzeptor gebunden, sodaß die Energieübertragung innerhalb eines komplexen Moleküls stattfindet. (17.)

Experimenteller Teil.

I.

Zunächst untersuchten wir den **Einfluß verschiedener Strahlenarten auf Glukose und Laevulose.** Als Lichtquellen dienten die Neon- bzw. Quecksilberlampen, die Keeser (l. c) bei seinen erwähnten Versuchen benutzt hatte. Die genannten Zuckerarten waren in 0,1%ig. Konzentration einmal in aqu. dest, das andere Mal in Phosphatpuffer nach Sörensen (pH = 7,4) gelöst, da uns mit Rücksicht auf die Untersuchungen Warburgs (18.) über die Aktivierung von Kohlehydraten zwecks Verbrennung der Einfluß von Phosphorsäure auf Zucker besonders interessierte. Die Zuckerbestimmung erfolgte nach der Methode von Hagedorn-Jensen.

I. Glukoselösung in aqu. dest.
Anfangswert: 75 mg% Glukose.
Nach 5-stünd. Bestrahlung:

1) mit Tageslicht:	24 mg%
2) mit Rotlicht:	50 mg%
3) mit Grünlicht:	88 mg%
4) mit Blaulicht:	64 mg%
nach 5-stünd. Aufenthalt i. Dunkeln	33 mg%

Pincussen (19.) beobachtete, daß eine wässrige Traubenzuckerlösung unter Bestrahlung zunächst eine erhebliche Zunahme der Reduktionswerte und bei länger dauernder Bestrahlung eine Abnahme aufwies. Unter unseren Versuchsbedingungen fanden wir, daß im Verlauf von 5 Stunden bei Bestrahlung mit Tageslicht, Rot- und Blaulicht eine Abnahme der Reduktionswerte stattfand, die bei Rotlicht stärker war als bei dem gleich intensiven Blaulicht, daß aber weiter auch im Dunkeln eine erhebliche Abnahme der Reduktionswerte eintrat, während Bestrahlung mit Grünlicht auch bei 5-stündiger Dauer eine Zunahme der Reduktionswerte zur Folge hatte.

II. Glukoselösung in Phosphatpuffer.

Anfangswert:	69 mg% Glukose
Nach 5-stünd. Bestrahlung:	
1) mit Tageslicht:	24 mg%
2) mit Rotlicht:	62 mg%
3) mit Grünlicht:	82 mg%
4) mit Blaulicht:	65 mg%
nach 5-stünd. Aufenthalt i. Dunkeln:	51 mg%

Phosphatpufferung änderte somit qualitativ nichts an dem unter I geschilderten Verhalten; nur die Stärke der Veränderungen war geringer als bei den Lösungen in aqu. dest.

Die Intensität des Tageslichts wurde nicht gemessen, sodaß die hierbei erhaltenen Befunde nicht vergleichsweise ausgewertet werden können. Von den gleich starken Lichtquellen bewirkte Rotlicht eine stärkere Abnahme der Reduktionswerte als Blaulicht, während unter Grünlicht eine erhebliche Zunahme erfolgte. Von den vorhandenen Glukosemolekülen wurde also eine größere Anzahl von Molekülen, als es bei Beginn des Versuches der Fall war, durch Grünlicht in einen reaktionsfähigen, aktivierten Zustand versetzt, während Rot- und Blaulichtbestrahlung diese Zahl abnehmen ließ und im Dunkeln die stärkste Abnahme von reaktionsfähigen Molekülen erfolgte.

III. Laevuloselösung in aqu. dest.

Anfangswert:	96 mg% Laevulose
Nach 5-stünd. Bestrahlung:	
1) mit Tageslicht:	96 mg%
2) mit Rotlicht:	77 mg%
3) mit Grünlicht:	98 mg%
4) mit Blaulicht:	96 mg%
Nach 5-stünd. Aufenthalt i. Dunkeln:	87 mg%

IV. Laevuloselösung in Phosphatpuffer.

Anfangswert:	96 mg% Laevulose
Nach 5-stünd. Bestrahlung:	
1) mit Tageslicht:	75 mg%
2) mit Rotlicht:	50 mg%
3) mit Grünlicht:	88 mg%
4) mit Blaulicht:	74 mg%
Nach 5-stünd. Aufenthalt i. Dunkeln:	73 mg%

Auch bei den Laevuloselösungen erfolgte somit im Dunkeln eine Abnahme der Reduktionswerte, wenn auch nicht so stark wie bei den Glukoselösungen. Im Tageslicht trat nur bei phosphatgepufferter Laevuloselösung eine Abnahme ein, während Laevulose in aqu. dest. sich nicht veränderte. Unter diesen Umständen ist besonders auffallend und interessant, daß bei Bestrahlung mit Licht verschiedener Wellenlänge Aenderungen der Reduktionswerte auftreten und zwar bei Laevulose in aqu. dest. unter Rotlicht eine Abnahme, unter Grünlicht eine leichte Zunahme der Reduktionswerte, während Blaulicht ebenso wie Tageslicht wirkungslos war. Und ebenso ist bemerkenswert, daß eine phosphatgepufferte Laevuloselösung unter Blaulicht- und Tageslichtbestrahlung eine — etwa gleich starke — Abnahme der Reduktionswerte zeigte, eine noch stärkere unter Rotlicht, und daß auch Grünlicht in diesem Fall (im Gegensatz zur Wirkung bei reiner Laevuloselösung) eine — leichte— Abnahme bewirkte.

Die geschilderten Versuche ergeben also, daß sowohl Dunkelheit wie Belichtung die Reaktionsfähigkeit der genannten Zuckerlösungen beeinflußt und daß weiter Strahlen verschiedener Wellenlänge charakteristische Unterschiede in ihrer Wirksamkeit auf Zuckerlösungen aufweisen.

Um Auskunft darüber zu erhalten, ob die durch Strahlen zugeführte Energie lediglich Aktivitätsänderungen, wie wir sie durch Bestimmung der Reduktionswerte der Zucker feststellten, zur Folge hat, oder ob sie auch sterische Umlagerungen bewirkt, wurde weiter der Einfluß der genannten Strahlenarten auf das Drehungsvermögen einer 5%ig. Glukose- bezw. Laevuloselösung — sowohl in aqu. dest. wie auch in Phosphatpuffer — geprüft und die Größe der Drehung vor Beginn der Bestrahlung sowie nach 1- und 5-stünd. Bestrahlung festgestellt. Unter diesen Versuchsbedingungen konnten indessen Aenderungen nicht beobachtet werden. Unter Berücksichtigung dessen, was über induzierte bzw. Kettenreaktionen oben ausgeführt wurde, setzten wir deshalb weiter optisch aktiven Substanzen Stoffe zu, die uns als Strahlenakzeptoren geeignet erschienen, und untersuchten den Einfluß von Licht verschiedener Wellenlänge auf diese Gemische unter den nachstehend geschilderten Bedingungen.

Von der Glukose ist bereits bekannt, daß bei der Mutarotation die höher drehende α-Glukose auf Grund einer Umlagerung in der Aldehydgruppe in die niedriger drehende β-Glukose übergeht. Nach Lowry soll die Mutarotation eine katalytische Reaktion sein. Küchlin jr. (20.) verfolgte den Einfluß von $FeSo_4$ auf die Mutarotation von Glukose und Fruktose und stellte durch Messung der Gefrierpunktserniedrigung fest, daß bei $FeSo_4$-Fruktose keine Komplexverbindungen auftreten, sodaß also die beobachteten Drehungsänderungen auf eine katalytische Wirkung des Fe II-Ions zurückgeführt werden müssen. Nach seinen Untersuchungen übt das Fe II-Ion auf die Umlagerung der α- und β-Fruktosemodifikationen einen asymmetrisch katalysierenden Effekt aus, während er diese Wirkung des Fe II-Ions bei der Glukose nicht feststellen konnte.

Als Lichtquellen dienten in unseren Versuchen wieder die erwähnten Neon- und Quecksilberlampen. Die Bestrahlungsdauer betrug stets eine Stunde. Zunahme der Drehung wird durch +, ihre Abnahme durch — bezeichnet. Die Größe der Drehungsänderung wird in Prozenten der vor Beginn der Bestrahlung festgestellten Drehungsgröße angegeben.

a.) 1-proz. Lösung von Chinin, Chinidin, Cinchonin bzw. Cinchonidin als salzsauren Salzen in 25%ig. Urethanlösung.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
Chinin	+ 2,4%	+ 5,2%	+ 47%
Chinidin	+ 4,1%	— 2,4%	0
Cinchonin	0	— 1,9%	0
Cinchonidin	+ 4,3%	+ 10%	— 12,6%

b) Ansätze wie unter a) beschrieben, jedoch mit Zusatz von 0,025 % Brenzkatechin.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
Chinin	+ 58,4%	+ 5,4%	+ 9,6%
Chinidin	— 4,4%	+ 8,8%	— 7,5%
Cinchonin	0	+ 17,6%	+ 100%
Cinchonidin	+ 9,8%	+ 22,8%	— 23,1%

c) Ansätze wie unter a) beschrieben, jedoch mit Zusatz von 0,005 % Chinon.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
Chinin	+ 11,9%	0	+ 14,9%
Chinidin	+ 1,1%	+ 9,4%	0
Cinchonin	+ 24,5%	— 1,8%	— 10,7%
Cinchonidin	+ 16,3%	+ 9,5%	+ 11,8%

d) 5%ig. l- bzw. d-Weinsäure, in aq. dest gelöst; ferner 5%ig. Lösung von d-Kampfer in Aethylalkohol.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Weinsäure	+ 5%	+ 4%	+ 100%
l-Weinsäure	+ 33%	0	+ 79,7%
d-Kampfer	+ 0,6%	+ 12,8%	+ 8,2%

e) Ansätze wie unter d) angegeben, jedoch mit Zusatz von 0,025 % Brenzkatechin.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Weinsäure	0	0	— 29,6%
d-Kampfer	+ 12,5%	0	+ 4%

f) Ansätze wie unter d), jedoch mit Zusatz von 0,005 % Chinon.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Weinsäure	— 4,6%	— 26,2%	+ 4,8%
d-Kampfer	+ 16,1%	+ 4%	— 4,9%

g) Ansätze wie unter d), jedoch mit Zusatz von 0,05% $CuCl_2$.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Weinsäure	+ 13,2%	+ 13,8%	— 5,2%
l-Weinsäure	+ 60,5%	— 34,1%	— 23,5%

h) Ansätze wie unter d) jedoch mit Zusatz von 0,025% $FeCl_3$.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Weinsäure	+ 43,3%	— 20%	+ 15%
l-Weinsäure	0	— 20%	— 17,4%

i) 3%ig. Lösung von d- bzw. l-Ephedrin in aq dest. sowie 5%ig. Lösung von d- bzw. l-Pinen in Petroläther.

	Rotlicht	Grünlicht	Blaulicht
d-Ephedrin	0	+ 12,8%	0
l-Ephedrin	+ 39,5%	+ 1,5%	0
d-Pinen	+ 1,4%	+ 47,3%	— 2,5%
l-Pinen	+ 18,4%	+ 8%	+ 13%

Um festzustellen, ob die vorstehend mitgeteilten interessanten Befunde sich auch an anderen Modellen nachweisen lassen, stellten wir weiter folgende Versuche an:

Es wurden 2 Tropfen einer 5%ig. Cu Cl_2 — bzw. 1%ig. Cu Cl. — bzw. 5%ig. Fe Cl_3 — bzw. 5%ig. Fe Cl_2 — bzw. 5%ig. Brenzkatechin — bzw. 5%ig. Chinon-Lösung zu jeweils 5 ccm einer 1%ig. Glykokoll — Leucin — oder Alaninlösung hinzugefügt und in diesen Ansätzen die Menge der vorhandenen NH_2-Gruppen vor Beginn sowie nach 1stündiger Bestrahlung mit einer der genannten Lichtquellen nach Linderström-Lang bestimmt.

		Rot: vor Bestrahlung	Rot: nach Bestrahlung	Grün: vor Bestrahlung	Grün: nach Bestrahlung	Blau: vor Bestrahlung	Blau: nach Bestrahlung
I. Cu Cl_2	a) Glykokoll	1,63*	1,69	1,55	1,51	1,93	1,73
	b) Leucin	1,00	0,91	1,05	0,96	1,21	1,11
	c) Alanin	1,58	1,64	1,57	1,50	1,42	1,61
II. Cu Cl	a) Glykokoll	0,36	0,57	1,15	1,37	0,64	0,67
	b) Leucin	0,78	0,94	0,36	0,59	0,67	0,79
	c) Alanin	0,72	0,75	0,89	1,03	0,69	1,01
III. Fe Cl_3	a) Glykokoll	1,37	1,28	1,34	1,51	1,22	1,67
	b) Leucin	0,95	0,94	0,92	0,87	1,06	1,01
	c) Alanin	1,30	1,46	1,33	1,47	1,40	1,45
IV. Fe Cl_2	a) Glykokoll	1,51	1,00	1,93	1,95	1,53	1,62
	b) Leucin	0,93	0,97	1,22	1,36	0,97	0,98
	d) Alanin	1,41	1,53	1,35	1,46	1,35	1,38

*) Die Zahlen bedeuten die verbrauchte Menge $\frac{n}{10}$ alkoholische H Cl-Lösung in ccm.)

		Rot:		Grün:		Blau	
		vor Bestrahlung	nach Bestrahlung	vor Bestrahlung	nach Bestrahlung	vor Bestrahlung	nach Bestrahlung
V. Brenzcatechin	a) Glykokoll	1,47	1,45	1,37	1,53	1,39	1,35
	b) Leucin	0,97	1,03	0,90	1,05	0,97	1,12
	c) Alanin	1,38	1,52	1,45	1,43	1,41	1,56
VI. Chinon	a) Glykokoll	1,57	1,56	1,41	1,55	1,70	1,53
	b) Leucin	1,00	1,03	0,99	0,91	1,01	1,10
	c) Alanin	1,54	1,48	1,39	1,47	1,35	1,46
VII. ohne Zusatz	a) Glykokoll	1,52	1,50	1,51	1,49	1,49	1,52
	b) Leucin	0,80	0,80	0,78	0,78	0,78	0,79
	c) Alanin	1,23	1,23	1,24	1,25	0,78	0,80

Aus diesen Befunden geht hervor, in wie außerordentlich verschiedenem Grade — geprüft am Einfluß auf die optische Aktivität und die Abspaltung von Aminogruppen — die untersuchten Substanzen durch verschiedene Lichtarten beeinflußt werden und wie stark dieser Einfluß durch die Anwesenheit anderer Substanzen auf dem Wege der induzierten Reaktionen modifiziert werden kann.

Die beobachteten Drehungsänderungen (Mutarotationen) besagen zunächst lediglich, daß der ursprünglich vorliegende Stoff ganz oder teilweise in einen oder mehrere andere Stoffe übergeht, dessen Drehung bzw. deren Drehungssumme von der des Ausgangsproduktes verschieden ist (21.). Welche Umwandlungen hierbei eine Rolle spielen, war und ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Nach Lowry (H. Ohle, l. c) kann Mutarotation nur eintreten, wenn in dem Lösungsmittel solche Gruppen vorhanden sind, welche H-Kerne abgeben: H-Donatoren, und andere, die H-Kerne aufnehmen können: H-Akzeptoren. Es scheint jedoch, daß ebenso wie bei der elektrischen Ladung der Kolloide nicht nur die H-Ionen, sondern auch andere Ionen eine Rolle spielen können. Denn nach Carpenter und Kucera (22.) setzen z. B. Salze die optische Drehung der Gelatine in einer bestimmten Reihenfolge der Stärke herab, ein Befund, den die Autoren auf ein im Gelatinemolekül bestehendes Gleichgewicht zwischen Sol- und Gelformen zurückführen, also auf eine Aenderung des Hydratationsgleichgewichts des Lösungsmittels unter dem Einfluß der verwandten Halogensalze, während Johlin (23.) seine analogen Versuche dahin deutet, daß die Zahl der asymmetrischen C-Atome vermindert, die der OH-Gruppen erhöht werde. Außer den in Lösung befindlichen Ionen üben auch die Moleküle des Lösungsmittels einen beachtenswerten Einfluß aus, sodaß Rakshit (24.) die Mutarotation als eine reversible Reaktion zwischen den gelösten optisch aktiven Molekülen und den Molekülen des Lösungsmittels auffaßt. So sicher der Einfluß des Lösungsmittels auf die optische Aktivität (als Dielektrikum) und die Mutarotation (infolge von chemischen Umsetzungen) ist, so sicher ist nach dem Gesagten aber auch die Bedeutung der zusammen mit optisch aktiven Substanzen in Lösung befindlichen optisch inaktiven Stoffe (Elektrolyte usw.); hierbei wird eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Drehungsänderung von der

Ladung und der Größe der Ionen oder von den Affinitätskoeffizienten nicht gefunden. (25.)

Sagt somit die Mutarotation nur aus, daß Umlagerungen im optisch aktiven Molekül stattfinden, ohne über die Art dieser Aenderungen genauere Auskunft zu geben, so scheint es doch zu gelingen, mit Hilfe anderer Bestimmungsmethoden einen näheren Einblick in diese Vorgänge zu erhalten: So ist nach Sobotka (26.) der nach der Hagedorn-Jensen-Methode festgestellte Betrag des Reduktionsvermögens der Aldohexosen weitgehend davon abhängig, ob C_3 und C_4 in Cis — oder Transstellung stehen, und zwar bewirkt Trans-Konfiguration stets Erhöhung des O_2 — Aequivalentes. Ergänzend sei hierzu bemerkt, daß sich in Glykoselösungen ein bestimmter Gehalt an einer äußerst reaktionsfähigen, „aktiven" Glykoseform befindet, die die alleinige Trägerin der Reduktionsintensität der Lösung ist und die sich mit der Hauptmenge der gewöhnlichen, inaktiven Form in dynamischem Gleichgewicht befindet und bei Zerstörung nachgebildet wird. (27.) —

II.

Des weiteren untersuchten wir, welchen Einfluß Bestrahlung mit verschiedenartigem Licht auf die **Vergärung von Zucker durch Hefe** ausübt. Zu diesem Zweck ließen wir auf 10 ccm einer 0,1%ig. phosphatgepufferten (pH = 7,4) Zuckerlösung 0,2 g Hefe bei 37° einwirken, bestrahlten 30 Minuten lang mit einer der genannten Lichtquellen und bestimmten den Zuckergehalt der Lösung vor und nach der Bestrahlung.

1. Glukose.

Anfangswert:	65 mg% Glukose
Nach 30 Minuten langer Bestrahlung:	
1) mit Tageslicht:	61 mg%
2) mit Rotlicht:	43 mg%
3) mit Grünlicht:	60 mg%
4) mit Blaulicht:	58 mg%
Nach 30 Minuten langem Aufenthalt im Dunkeln	58 mg%

2. Laevulose.

Anfangswert:	87 mg% Laevulose
Nach 30 Min. langer Bestrahlung:	
1) mit Tageslicht:	83 mg%
2) mit Rotlicht:	76 mg%
3) mit Grünlicht:	92 mg%
4) mit Blaulicht:	87 mg%
Nach 30 Minuten langem Aufenthalt im Dunkeln	117 mg%

Bei Glukose wurde somit unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen stets eine Abnahme der Reduktionswerte beobachtet, die unter Rotlicht am größten war, weniger stark unter Blaulicht und im Dunkeln und am geringsten unter Grünlicht sowie im Tageslicht. Von den 3 gleich intensiven Strahlenarten erwies sich also auch hier, wie bei Unter-

suchung der reinen Zuckerlösungen, hinsichtlich der Abnahme der Reduktionswerte Rot als am wirksamsten, dann folgte Blau, und am geringsten war die Wirkung von Grünlicht. Dieser letztgenannte Befund erhält noch eine besondere Beleuchtung dadurch, daß unter Grünlicht in der reinen Glukoselösung die Reduktionswerte zugenommen hatten, desgl. in den Laevuloselösungen, und dasselbe Verhalten auch bei Bestrahlung einer mit Hefe versetzten Laevuloselösung mit Grünlicht sowie im Dunkeln festgestellt wurde. Da diese Zunahme der Reduktionswerte nicht nur bei Hefezusatz, sondern auch bei der reinen Laevuloselösung beobachtet wurde, kann dieser Befund nur so gedeutet werden, daß beim Stehen der Laevuloselösung im Dunkeln sowohl wie auch bei Bestrahlung mit Grünlicht die Laevulose in eine reaktionsfähigere, aktivere Form übergeführt wird.

Ergänzend wurde der Einfluß der genannten Strahlenarten auf den **Verlauf der Glykolyse in Meerschweinchenblut** geprüft. Zu diesem Zweck wurden zu je 5 ccm einer 0,5%ig. Glukose- bzw. Laevulose-Lösung (in 0,7 % NaCl) 2,5 ccm mit Glasperlen defibriniertes, steriles Meerschweinchenblut und 2,5 ccm der erwähnten Phosphatpufferlösung (pH = 7,48) hinzugefügt und diese Ansätze bei 37° 5 Stunden lang bestrahlt. Hierbei nahm bei den Glukoselösungen, die dem Tageslicht ausgesetzt wurden, die Reduktionskraft um 45—68 % ab, bei den im Dunkeln gehaltenen etwas weniger stark. Unter Rotlicht-Bestrahlung sanken die Reduktionswerte am stärksten (um 72 %), wesentlich weniger unter Grünlicht (36 %), und am geringsten war die Abnahme unter Blaulichtbestrahlung (27 %). Demnach fördert Rotlichtbestrahlung die Glykolyse, und zwar stärker als es Tageslicht tut, während Grünlicht und Blaulicht sie, verglichen mit der Wirkung des Tageslichts und der Dunkelheit, hemmt. Dieser Befund läßt die Beobachtungen Keesers (l. c.) in einem neuen Lichte erscheinen und berechtigt zu der Schlußfolgerung, daß die unter Rotlichtbestrahlung auftretende Hypoglykaemie bzw. der nach Traubenzuckerbelastung auftretende geringere Anstieg und schnellere Abfall der Hyperglykaemie sowie die unter Blaulichtbestrahlung auftretende Hyperglykaemie und der nach Traubenzuckerbelastung stärkere Anstieg und verzögerte Abfall des Blutzuckers zum mindesten nicht ausschließlich als Ausdruck eine Vagotonie (unter Rotlicht) bezw. Sympathicotonie (unter Blaulicht) aufzufassen sind, sondern daß eine wesentliche Ursache für die Beeinflussung des Blutzuckers durch verschiedene Strahlenarten in ihrem unterschiedlichen Einfluß auf die Glykolyse erblickt werden muß.

Vergleichsweise wurde auch der Einfluß der genannten Lichtarten bei **Zusatz von Laevulose zu Meerschweinchenblut** untersucht. Auch hierbei nahmen im Verlauf von 5 Stunden die Reduktionswerte bei Tageslicht und im Dunkeln ab, jedoch weniger als bei Glukose (18—20 %, verglichen mit dem Anfangswert), im Tageslicht etwas mehr als im Dunkeln. Rotlicht förderte auch hier die Abnahme der Reduktionswerte (25 %), während Blaulicht sie etwas verzögerte (17 %) und unter Grünlicht die geringste Abnahme erfolgte (12 %). Hinsichtlich der Intensität der Wirkung verhielten sich also Grün- und Blaulicht bei Glukose und Laevulose verschieden.

III.

Weiter wurde untersucht, welchen Einfluß die genannten Strahlenarten auf die **weißen Blutkörperchen von Kaninchen** ausüben. Zu diesem Zweck wurden zunächst bei Kaninchen, die 48 Stunden gehungert hatten, also nüchtern waren, Zahl- und Mengenverhältnis der weißen Blutkörperchen durch Blutentnahme aus der Ohrvene bestimmt. Darauf wurden die Tiere 30 Min. lang mit Rot-, Grün- oder Blaulicht bestrahlt. Erneute Auszählungen des Bluts wurden sofort nach der Beendigung der Bestrahlung sowie eine und 10 Stunden nach Beendigung der Bestrahlung vorgenommen. Die gleichen Versuche wurden auch an Kaninchen durchgeführt, die nicht nüchtern waren, sondern auch während der Versuchsdauer fraßen. Es zeigte sich, daß zwar die Wirkung der Bestrahlung auf das weiße Blutbild bei nüchternen Tieren deutlicher zum Ausdruck kommt als bei Tieren, die nicht nüchtern sind, daß jedoch keine grundsätzlichen Unterschiede in den Ergebnissen der beiden Versuchsanordnungen — von einer zeitlichen Verschiebung abgesehen — bestehen.

I. Bestrahlung mit Rotlicht.

	Zahl der Leukocyten			
	vor der Bestrahlung	unmittelbar nach der Bestrahlung	1 Std. nach Bestrahlung	10 Std. nach Bestrahlung
nüchternes Kaninchen	12 165	10 000	10 000	12 900
fressendes Kaninchen . . .	7 680	7 440	7 440	7 440

II. Bestrahlung mit Blaulicht.

	Zahl der Leukocyten			
	vor der Bestrahlung	unmittelbar nach der Bestrahlung	1 Std. nach Bestrahlung	10 Std. nach Bestrahlung
nüchternes Kaninchen	9 900	4 750	6 400	10 025
fressendes Kaninchen	10 040	8 700	7 440	11 120

III. Bestrahlung mit Grünlicht.

	Zahl der Leukocyten			
	vor der Bestrahlung	unmittelbar nach der Bestrahlung	1 Std. nach Bestrahlung	10 Std. nach Bestrahlung
nüchternes Kaninchen . . .	14 250	14 250	14 250	12 250
fressendes Kaninchen	11 180	12 000	11 060	11 440

Grünlichtbestrahlung erweist sich also auch in diesen Versuchen als biologisch sehr wenig wirksam bzw. unwirksam. Rot- und Blaulicht wirken qualitativ gleichartig (im Sinne einer Abnahme der Leukocyten), quantitativ jedoch verschieden, indem Blaulicht einen wesentlich stärkeren Leukocytensturz hervorruft, dem nach 10 Stunden ein Ansteigen der Leukocytenzahl über den Anfangswert folgt.

Die vorgenommenen Differentialzählungen ergaben keinerlei Einfluß der verschiedenen Lichtquellen auf die prozentuale Zusammensetzung des weißen Blutbilds — mit Ausnahme der **Eosinophilen.**

Zahl der Eosinophilen (in %)

	Zahl der Eosinophilen (in %)			
	vor der Bestrahlung	unmittelbar nach der Bestrahlung	1 Std. nach Bestrahlung	10 Std. nach Bestrahlung
nüchtern. Kaninchen:				
Rotlicht	5	15	11	11
Blaulicht	10	27	14	35
Grünlicht	12	11	10	11
fressend. Kaninchen				
Rotlicht	4	4	10	5
Blaulicht	0	5	5	12
Grünlicht	2	2	2	2

Grünlicht erweist sich somit auch hier als biolologisch wirkungslos, während Rot- und Blaulichtbestrahlung eine sich über viele Stunden erstreckende Eosinophilie zur Folge hat, wobei Blaulicht wieder stärker wirksam ist als Rotlicht. Desgleichen tritt der Einfluß der Bestrahlung auch hier wieder bei den Tieren, die gefressen haben, langsamer als bei den nüchternen Tieren in Erscheinung.

Vergleicht man diese Befunde mit dem, was über die Einwirkung des Lichts auf die Blutkörperchen bereits bekannt ist, so muß zunächst festgestellt werden, daß die in der Literatur mitgeteilten Ergebnisse nicht einheitlich sind. (28.) Ein Abfallen der Leukocytenwerte bei Bestrahlung wurde indessen bereits wiederholt beobachtet, desgl. das Auftreten einer Eosinophilie. Dagegen konnten wir die angeblich nach Rotlichtbestrahlung auftretende relative Lymphocytose nicht feststellen (29.) und ebenfalls die Befunde Küstners (30.) nicht bestätigen.

Zusammenfassung.

I. Es wurden einige Befunde über die Verschiedenartigkeit der Wirkungen von Licht verschiedener Wellenlänge auf den Organismus mitgeteilt.

II. Im Verfolg angestellter Untersuchungen wurde versucht, Einblick in die Ursachen der unterschiedlichen Wirksamkeit von verschiedenartigem Licht gleicher Intensität zu erhalten.

III. Der Einfluß von Licht verschiedener Wellenlänge, aber gleicher Intensität, auf die Vergärung von Glukose und Laevulose durch Hefe, sowie auf die Glykolyse in Meerschweinchenblut wurde experimentell geprüft. Hierbei wurden erhebliche Unterschiede in der Wirksamkeit der verschiedenen Lichtarten festgestellt.

IV. Von den untersuchten Lichtarten wirkten Rot- und Blaulicht qualitativ gleichartig (im Sinne einer Abnahme der Leukocyten), quantitativ jedoch verschieden stark auf die Zahl der Leukocyten im Blut von Kaninchen. Grünlicht erwies sich als wenig wirksam bzw. unwirksam. In der prozentualen Zusammensetzung des weißen Blutbilds trat unter Rot- und Blaulicht-Bestrahlung eine starke Eosinophilie auf.

Literaturverzeichnis:

1. E. Keeser, Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 166, 624; 1932.
2. F. Ellinger, Kli. Wo. 1932, S. 1049;
   H. Küstner, Kli. Wo. 1932, S. 947;
   K. Kikai, Klin. Monatsbl. für Augenheilkunde 88, 478; 1932;
   A. Terbrüggen u. H. Heinlein, Kli. Wo. 1932, S. 1139.
3. L. Pincussen, Biochem. Ztschr. 239, 290; 1931.
4. O. Risse u. F. Poos, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 108, 121; 1925; u. 112, 176; 1926.
5. G. Lehmann, Ztschr. f. Biol. 92, 391; 1932.
   W. B. Cannon, Endocrinology 15, 473; 1931.
   S. E. de jongh, Nederl. Tigdschr. Geneesk. 1932, S. 811.
   M. J. Bruhn u. H. E. Himwich, Proc. soc. exp. biol. and. medic. 29, 234; 1931.
6. B. Terata u. R. Ito, cit. nach Jap. journ. of medic. sciences IV, Bd. VI, Nr. 2, Referat Nr. 49, 50, 51.
7. G. Frontali, cit. nach Ber. ges. Physiol. 66, 85; 1932.
8. L. Pincussen, Kli. Wo. 1932, S. 1231.
9. W. W. Lepeschkin, Protoplasma 14, 11; 1932.
10. E. Keeser, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 164, 626; 1932.
11. G. Monasterio, cit. nach Ber. ges. Physiol. 63, 308; 1931.
12. Pereira cit. nach Ber. ges. Physiol. 66, 683; 1932.
13. G. Guerrimi, cit. nach Ber. ges. Physiol. 64, 220; 1932.
14. F. Haurowitz, Fortschritte d. Biochemie, II, S. 3, 5; 1932.
15. H. v. Euler u. A. Oelander, Homogene Katalyse, S. 33—34.
16. H. v. Euler u. A. Oelander, l. c. S. 54.
17. D. Richter, Ber. Dtsch. Chem. Ges. 64, 1240; 1931.
18. O. Warburg, Bi. Z. 238, 131; 1931.
19. L. Pincussen, Ztschr. f. d. ges. exp. Med. 26, 127; 1922.
20. A. T. Küchlin jr. Chem. Weekbl. 1932; S. 101.
21. H. Ohle, Ergebnisse d. Physiol. 33, 624; 1931.
22. D. C. Carpenter u. J. J. Kucera, Journ. Physic. chem. 35, 2619; 1931.
23. J. M. Johlin, Journ. biol. chem. 92, 751; 1931.
24. J. N. Rakshit, Journ. Physic. chem. 34, 2539; 1930.
25. N. Campbell, Journ. physic. chem. 35, 1143, 1931.
26. H. Sobotka u. M. Reiner, Biochem. Journ. 24, 394; 1930.
27. M. Clifton, Journ. physic. chem. 34, 855, 1930.
28. L. Pincussen, Photobiologie S. 430.
29. Woysch, die Rotlichttiefentherapie, Radionta-Verlag, Berlin.
30. H. Küstner, Münch. med. Wochenschr. 1932, S. 703.

Zum Schluß möchte ich Herrn Professor Dr. Keeser für die Überlassung des Themas und für die Unterstützung bei der Arbeit meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf:

Am 26. November 1908 wurde ich als Tochter des Marineoberstabszahlmeisters Karl Rust und seiner Ehefrau Agnes geb. Ruchholtz in Kiel geboren. Von Ostern 1915 bis Ostern 1925 besuchte ich das Lyzeum in Neustettin, von 1925 bis 1928 die Studienanstalt in Kolberg und machte dort Ostern 1928 die Reifeprüfung. In den 5 vorklinischen Semestern war ich in Göttingen, Bonn und Berlin immatrikuliert und bestand am 1. August 1930 das Physikum in Berlin. Die klinischen Semester studierte ich in Rostock.

Druck: Norddeutsche Presse, Neustettin